



**南昌理工學院**  
Nanchang Institute of Technology

**电子与信息学院**

# **高频电子线路 实验指导书**

## 目 录

《高频电子线路》课程实验报告（一） .....	1
《高频电子线路》课程实验报告（二） .....	7
《高频电子线路》课程实验报告（三） .....	12
《高频电子线路》课程实验报告（四） .....	17

# 《高频电子线路》课程实验报告（一）

## [一、实验名称]

高频小信号放大器

## [二、实验目的]

1. 熟悉电子元器件和高频电子线路实验系统；
2. 掌握单调谐和双调谐放大器的基本工作原理；
3. 掌握测量放大器幅频特性的方法；
4. 熟悉放大器集电极负载对单调谐和双调谐放大器幅频特性的影响；
5. 了解放大器动态范围的概念和测量方法。

## [三、实验原理]

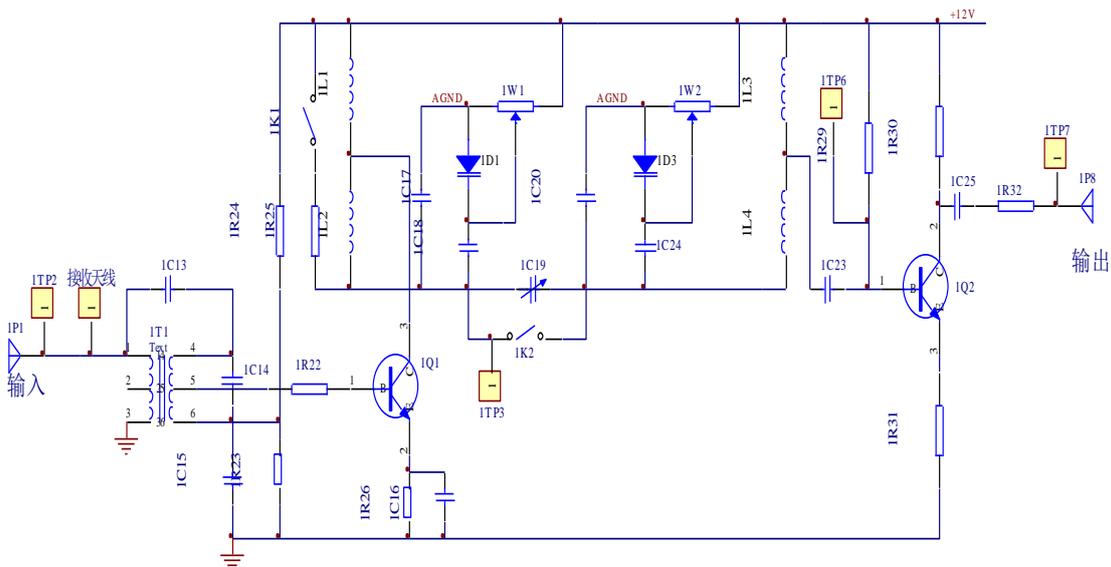


图 1-1

图 1-1 为小信号调谐放大器实验电路。图中，1P1 为信号输入口，当做实验时，高频信号由此输入。1TP2 为输入信号测试点。接收天线用于构成收发系统时接收发方发出的信号。变压器 1T1 和电容 1C13、1C14 组成输入选频回路，用来选出所需要的信号。晶体三极管 1Q1 用于放大信号，1R24、1R23 和 1R26 为三极管 1Q1 的直流偏置电阻，用以保证晶体管工作于放大区域，且放大器工作于甲类状态。三极管 1Q1 集电极接有  $LC$  调谐回路，用来谐振于某一工作频率上。本实验电路设计有单调谐与双调谐回路，由开关 1K2 控制。当 1K2 断开时，为电容耦合双调谐回路，1L1、1L2、1C17 和变容管 1D1 组成了初级回路，1L3、1L4、变容管 1D3、1C20 组成了次级回路，两回路之间由电容 1C19 进行耦合，调整 1C19 可调整其耦合度。当开关 1K2 接通时，即电容 1C19 被短路，此时两个回路合并成单个回路，故该电路为

单调谐回路。图中 1W1、1W2 用来调整变容管上直流电压，通过改变直流电压，即可改变变容二极管的电容，达到对回路的调谐。图中开关 1K1 控制 1R25 是否接入集电极回路，1K1 接通时，将电阻 1R25 ( $2k\Omega$ ) 并入回路，使集电极负载电阻减小，回路  $Q$  值降低，放大器增益减小。图中 1R29、1R30、1R31 和三极管 1Q2 组成放大器，用来对所选信号进一步放大。1TP7 为输出信号测试点，1P8 为信号输出口。

#### [四、实验条件]

BSK9653 试验箱, 实验模块：无线接收与小信号放大模块, 100M 双通道示波器。

#### [五、实验内容和过程]

##### 一、实验内容

1. 采用点测法测量单调谐和双调谐放大器的幅频特性；
2. 用示波器测量输入、输出信号幅度，并计算放大器的放大倍数；
3. 用示波器观察耦合电容对双调谐回路放大器幅频特性的影响；
4. 用示波器观察放大器的动态范围；
5. 观察集电极负载对放大器幅频特性的影响。

##### 二、实验过程

###### 1. 实验准备

在试验箱主板上插装好无线接收与小信号放大模块，插好鼠标接通试验箱上电源开关，此时模块上电源指示灯和运行指示灯闪亮。

###### 2. 单调谐回路谐振放大器幅频特性测量

测量幅频特性通常有两种方法，即扫频法和点测法。扫频法简单直观，可直接观察到单调谐放大特性曲线，但需要扫频仪。点测法采用示波器进行测试，即保持输入信号幅度不变，改变输入信号的频率，测出与频率相对应的单调谐回路谐振放大器的输出电压幅度，然后画出频率与幅度的关系曲线，该曲线即为单调谐回路谐振放大器的幅频特性。

(1) 扫频法，即用扫频仪直接测量放大器的幅频特性曲线。利用本试验箱上的扫频仪测试的方法是：用鼠标点击显示屏，选择扫频仪，将显示屏下方的高频信号源（此时为扫频信号源）接入小信号放大的输入端（1P1），将显示屏下方的“扫频仪”与小信号放大的输出（1P8）相连。按动无线接收与小信号放大模块上的编码器（1SS1），选择 1K2 指示灯闪亮，并旋转编码器（1SS1）使 1K2 指示灯长亮，此时小信号放大为单调谐。显示屏上显示的曲线即为单调谐幅频特性曲线，调整 1W1、1W2 曲线会有变化。用扫频仪测出的单调谐放大器幅频特性曲线如图 1-5：

(2) 点测法，其步骤如下：

①通过鼠标点击显示屏，选择实验项目中“高频原理实验”，然后再选择“小信号调谐放大电路实验”，通过选择“小信号调谐放大”后，显示屏上显示小信号调谐放大器原理电路图。用鼠标点击 1K2 开关，1K2 开关接通，且模块上对应的 1K2 指示灯点亮，此时 1C19 被短路，放大器为单调谐回路。

②将显示屏下方的高频信号源连接到小信号放大器输入端（1P1），示波器 CH1 接放大器输入端 1TP2，示波器 CH2 接放大器输出端 1TP7。调整高频信号源频率为 6.3MHz（用鼠标点击原理图左侧“高放输入”，频率显示为 6.3MHz，高频信号源开机默认值为 6.3MHz。）调整高频信号源输出幅度（峰-峰值）为 200mv（示波器 CH1 监测），用鼠标点击原理图左侧“高放输入”，用鼠标调整幅度或直接调整显示屏下方右侧“幅度”旋钮，即可调整其幅度。调整 1W1 和 1W2，使放大器输出为最大值（示波器 CH2 监测），用鼠标点击 1W1 或 1W2，相应指示灯点亮，拨动鼠标滑轮，即可调整其电位器阻值。（注：旋转模块上编码器（1SS1）旋钮同样可以调整其电阻，首先按动编码器，使相应的指示灯点亮，然后再旋转旋钮就可调整其阻值。我们建议用鼠标调整，因为长期用编码器调整，可能会造成编码器机械性损坏。）调整 1W1、1W2 使放大器输出幅度达到最大时，此时放大器谐振回路谐振于 6.3MHz。比较此时输入输出幅度大小，并算出放大倍数。

③按照表 1-1 改变高频信号源的频率，保持高频信号源输出幅度为 200mv（示波器 CH1 监测），从示波器 CH2 上读出与频率相对应的单调谐放大器的电压幅值，并把数据填入表 1-1。调频率时，用鼠标点击原理图左侧“高放输入”，选择“步进调节”为 100KHZ，旋转显示屏下方左侧“频率”旋钮，每旋一档即改变 100KHZ。

④从横轴为频率，纵轴为电压幅值，按表 1-1，画出单调放大器的幅频特性曲线。

### 3. 观察集电极负载对单调谐放大器幅频特性的影响

当放大器工作于放大状态下，按照上述幅频特性的测量方法测出接通与不接通 1R25 的幅频特性曲线。（用鼠标点击 1K1，模块上 1K1 指示灯点亮时为接通，不亮时为断开）。可以发现：当不接 1R25 时，集电极负载增大，幅频特性幅值加大，曲线变“瘦”，Q 值增高，带宽减小。而当接通 1R25 时，幅频特性幅值减小，曲线变“胖”，Q 值降低，带宽加大。

用扫频仪测出接通与不接通 2R3 的幅频特性曲线，如图 1-6：

### 4. 双调谐回路谐振放大器幅频特性测量

与单调谐的测量方法完全相同，可用扫频法和点测法。图 1-7 为用扫频仪测得的双调谐幅频特性曲线。

点测法，步骤如下：

① 1K2 置“双调谐”，用鼠标点击 1K2，1K2 指示灯熄灭时，接通 1C19，1K1 至“off”，（用鼠标点击 1K1，使 1K1 指示灯熄灭）。高频信号源输出频率 6.3MHz，幅度 200mv，然后接入调谐放大器的输入端（1P1）。示波器 CH1 接 1TP2，示波器 CH2 接放大器的输出（1TP7）端。

按照表 1-2 改变高频信号源的频率，保持高频信号源输出幅度峰-峰值为 200mv（示波器 CH1 监视），从示波器 CH2 上读出与频率相对应的双调谐放大器的幅度值，并把数据填入表 1-2。

③测出两峰之间凹陷点的大致频率是多少？

④以横轴为频率，纵轴为幅度，按照表 1-2，画出双调谐放大器的幅频特性曲线。

⑤调整 1C19 的电容，按照上述方法测出改变 1C19 时幅频特性曲线。

图 1-8 为用扫频仪测得的不同 1C19 时的幅频特性曲线。

### 5. 放大器动态范围测量

1K1 置“OFF”，用鼠标点击 1K1，使 1K1 指示灯熄灭。1K2 置“单调谐”，鼠标点击 1K2，使 1K2 指示灯点亮。高频信号源输出接调谐放大器的输入端（1P1），调整高频信号源频率至 6.3MHz，幅度 100mv。示波器 CH1 接 1TP2，示波器 CH2 接调谐放大器的输出（1TP7）端，（调整 1W1、1W2 使放大器输出为最大）。按照表 1-3 放大器输入幅度，改变高频信号源的输出幅度（由 CH1 监测）。从示波器 CH2 读出放大器输出幅度值，并把数据填入表 1-3，且计算放大器电压放大倍数。可以发现，当放大器的输入增大到一定数值时，放大倍数开始下降，输出波形开始畸变（失真）。

### [六、实验结果]

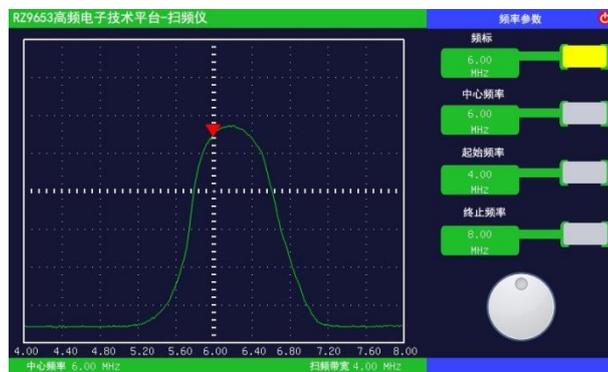
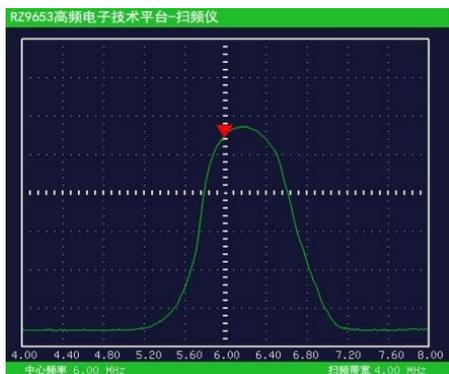


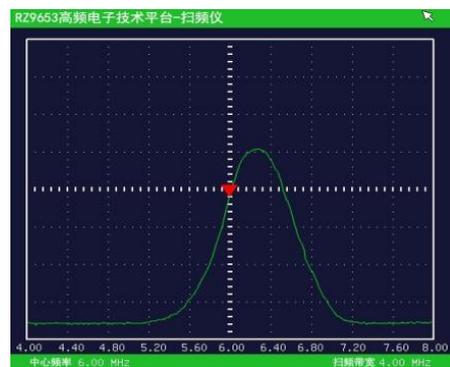
图 1-5 扫频仪测量的幅频特性

表 1-1

输入信号频率 f (MHz)	.4	.5	.6	.7	.8	.9	.0	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9	.0	.1
输出电压幅值 U (mv)																		



不接 1R25 时的幅频特性曲线



接 1R25 时的幅频特性曲线

图 1-6 接通与不接通 1R25 的幅频特性曲线

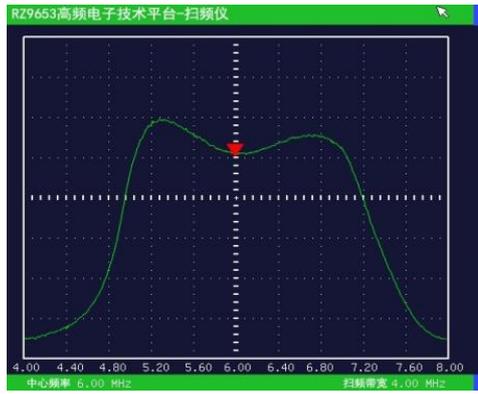
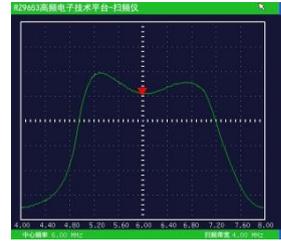
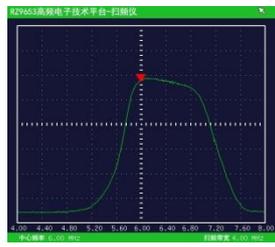
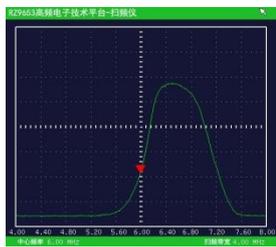


图 1-7 用扫频仪测得的双调谐幅频特性曲线

表 1-2

放大器输入信号频率 $f$ (MHz)	4.8	5.0	5.2	5.4	5.6	5.7	5.8	5.9	6.0	6.1
放大器输出幅度 $U$ (mv)										
放大器输入信号频率 $f$ (MHz)	6.2	6.3	6.4	6.5	6.6	6.7	6.8	6.9	7.0	7.1
放大器输出幅度 $U$ (mv)										



耦合电容减小扫频曲线

耦合电容  $1C_{19}$  为某一值时扫频曲线

耦合电容  $1C_{19}$  增大时扫频曲线

图 1-7 不同  $1C_{19}$  时的幅频特性曲线

表 1-3

放大器输入 (mV)	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
放大器输出 (V)										
放大器电压放大倍数										

## [七、实验结果分析、讨论]

1. 单调谐回路谐振放大器实验中，由实验所得图表比较可得：

当高频小信号的谐振频率和信号输入幅度一定时，当不接  $1R_{25}$  时，集电极负载增大，

幅频特性幅值加大，曲线变“瘦”，Q 值增高，带宽减小。而当接通 1R25 时，幅频特性幅值减小，曲线变“胖”，Q 值降低，带宽加大。

2. 双调谐回路谐振放大器实验中，由实验所得图表比较可得：

双调谐回路比单调谐回路的通频带更宽；

谐振频率相同时，当放大器的输入增大到一定数值时，放大倍数（即电压增益）开始下降，输出波形开始畸变（失真）。

3. 通过本次实验，我了解了高频小信号调谐放大器的工作原理，尤其是单级单调谐放大器和双级单调谐放大电路的原理，巩固了通频理论课上学到的谐振放大器电压增益、通频带、选择性的相关知识和计算方法，并在实验中测试了各组数据，验证了理论知识。同时，通过在实验室调试各种高频仪器，我基本上学会了使用高频中的扫频仪、示波器、万用表、直流稳压电源和信号源，以及消除自激的方法。总体说来，本次实验是一次很好的尝试，让我对高频电路有了进一步了解，激发了学习通信电子电路的兴趣。

4. 在实验中，也曾遇到过问题。在做双级单调谐放大电路实验时，一开始示波器一直没有正确波形的输出，图像类似于噪声，很不稳定，在我们检查了电路连线无误后，发现触碰示波器的探头时图像变化很大，猜想是探头处接触不良。于是我们换了一根探头再试，实验所要求的波形就出现了，证明我们的猜想正确。这告诉我们，今后做实验时最好在做实验前先检查一下实验仪器、导线等是否良好。另外，在实验时遇到问题不要慌张，要静下心来慢慢检查。虽然这次的实验并不难，但也考验了自己检查错误解决错误的耐心。

5. 对实验的建议：本次实验虽然做成功了，但是我对于实验原理方面还是有不太清楚的地方。毕竟理论课上的知识还是和实际操作中有差别，希望在今后的课中，老师能更详细地讲一下我们实验的原理以及各部分的作用。这样，我觉得才能将实验和理论结合起来，巩固所学知识。

## [八、实验结论]

通过实验可验证，单级调谐放大器的电压增益  $A_{v0}$  与晶体管的电流放大系数，谐振电路的品质因数、谐振回路中 LC 值、可变电阻接入阻值、温度等因素有关。当谐振回路中的并联电阻 R 变化时， $A_{v0}$  及  $BW_{0.7}$  也将随之变化。若原来的 R 值已使电路谐振， $A_{v0}$  已达到最大，再调节 R 阻值，由于增益带宽积基本不变，会使  $A_{v0}$  变大， $BW_{0.7}$  变小。

由上面数据可见，当品质因数增大时，放大倍数增大，通频带减小。

## 《高频电子线路》课程实验报告(二)

### [一、实验名称]

正弦波振荡器实验

### [二、实验目的]

1. 掌握电容三点式 LC 振荡电路和晶体振荡器的基本工作原理，熟悉其各元件的功能；
2. 掌握 LC 振荡器幅频特性的测量方法；
3. 熟悉电源电压变化对振荡器振荡幅度和频率的影响；
4. 了解静态工作点对晶体振荡器工作的影响，感受晶体振荡器频率稳定度高的特点。

### [三、实验原理]

图 2-6 为电容三点式 LC 振荡器实验电路。图中，左侧部分为 LC 振荡器，右侧部分为射极跟随器。

三极管 2Q1 为 LC 振荡器的振荡管，2R21、2R22 和 2R24 为三极管 2Q1 的直流偏置电阻，以保证振荡管 2Q1 正常工作。图中开关 2K1 打到“S”位置时，为改进型克拉泼振荡电路，打到“P”位置时，为改进型西勒振荡电路。图中 2D2 为变容二极管，调整 2W2 即可改变变容管上的直流电压，从而改变变容管的电容，也即控制着振荡频率的变化。调整电位器 2W1 可改变振荡器三极管 2Q1 的电源电压。

当需要 LC 振荡器输出时，需将 P2、P4 用铆孔线连接起来。三极管 2Q3 为射极跟随器，以提高带负载的能力。电位器 2W4 用来调整振荡器输出幅度。2TP5 为输出测量点，2P5 为振荡器输出口。

图中 2-7 为晶体振荡器实验电路，2Q2 为振荡管，2W3、2R27、2R28 和 2R30 为三极管 2Q2 直流偏置电阻，以保证 2Q2 正常工作，调整 2W3 可以改变 2Q2 的静态工作点。图中 2R31、2C23 为去藕元件，2C22 为旁路电容，并构成共基接法。2L2、2C24、2C25 成振荡回路，其谐振频率应与晶体频率基本一致。2C26 为输出耦合电容。2TP3 为晶体振荡器测试点。该晶体振荡器的交流电路与图 2-5 基本相同。

图中 2Q3 构成的射极跟随器与 LC 振荡器共用。当需要晶体振荡器输出时，需将 2P3、2P4 用铆孔线连接起来，经射随后由 2P5 输出。

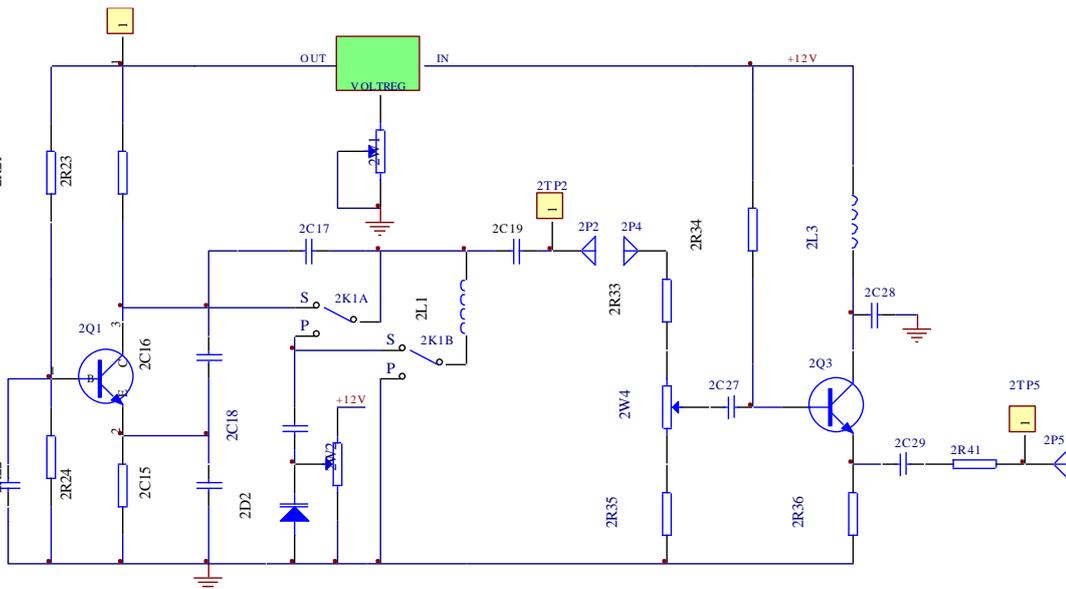


图2-6 LC振荡器

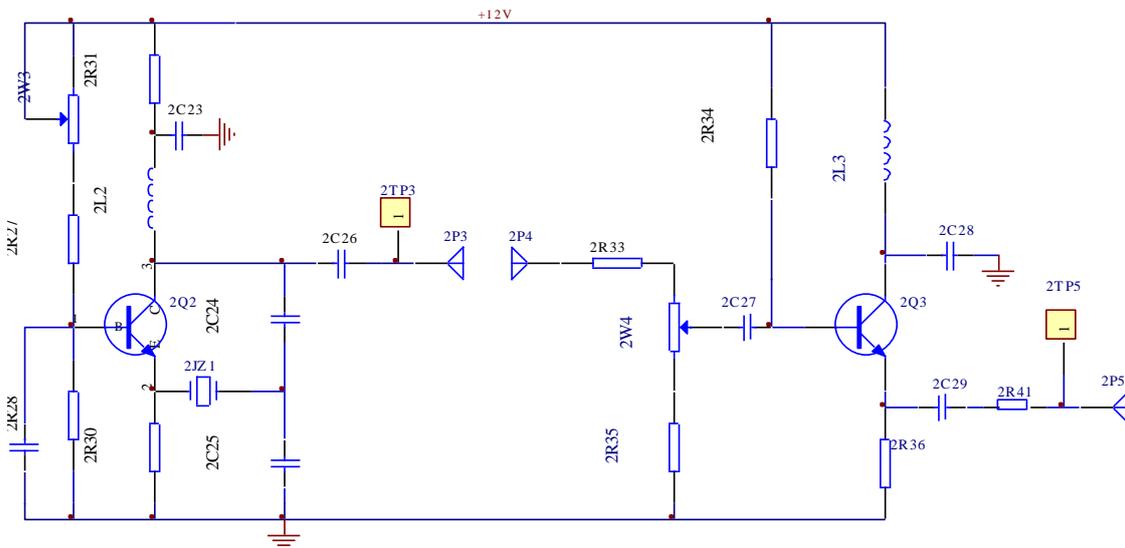


图 2-7 晶体振荡器实验电路

#### [四、实验条件]

BSK9653 试验箱, 正弦波振荡器与晶体管混频模块, 100M 双通道示波器。

#### [五、实验内容和过程]

##### 一、实验内容

1. 用示波器观察 LC 振荡器和晶体振荡器输出波形, 测量振荡器输出电压峰-峰值  $V_{p-p}$ , 并以频率计测量振荡频率;
2. 测量 LC 振荡器的幅频特性;
3. 测量电源电压变化对振荡器的影响;

4. 观察并测量静态工作点变化对晶体振荡器工作的影响。

## 二、实验过程

### 1、实验准备

插装好正弦波振荡器与晶体管混频模块，接通试验箱电源，此时模块上电源指示灯和运行指示灯闪亮。用鼠标点击显示屏，选择“实验项目”中的“高频原理实验”，然后再选择“振荡器实验”中的“LC 振荡器实验”，显示屏会显示出 LC 振荡器原理实验图。

说明：电路图中各可调元件的调整，其方法是：用鼠标点击要调整的原件，模块上对应的指示灯点亮，然后滑动鼠标上的滑轮，即可调整该元件的参数。利用模块上编码器调整与鼠标调整其效果完全相同。用编码器调整的方法是：按动编码器，选择要调整的元件，模块上对应的指示灯点亮，然后旋转编码器旋钮，即可调整其参数。我们建议采用鼠标调整，因为长时间采用编码器调整，可能会造成编码器损坏。本试验箱中，各模块可调元件的调整，其方法与此完全相同，后面不再说明。

2、LC 振荡实验（为防止晶体振荡器对 LC 振荡器的影响，应使晶振停振，即调 2W3 使晶振停振。）

#### (1) 西勒振荡电路幅频特性测量

用铆孔线将 2P2 与 2P4 相连，示波器接 2TP5，频率计与 2P5 相连。开关 2K1 拨至“p”（往下拨），此时振荡电路为西勒电路。调整 2W4 使输出幅度最大。（用鼠标点击 2W4，且滑动鼠标滑轮来调整。）调整 2W2 可调整变容管 2D2 的直流电压，从而改变变容管的电容，达到改变振荡器的振荡频率，变容管上电压最高时，变容管电容最小，此时输出频率最高。按照表 2-1 电压的变化测出与电压相对应的振荡频率和输出电压（峰-峰值  $V_{p-p}$ ），并将测量结果记于表中，表中电压为变容管 2D2 上的电压，调整 2W2 即可调整其电压，调整 2W2 时，显示屏上会显示其电压。

表 2-1

电压 (v)	3	4	5	6	7	8	9	10	11
振荡频率 f (MHZ)									
输出电压 VP-P (v)									

表 2-2

电压 (V)	0	1	2	3	4	5	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9	9.5	10
振荡频率 f (MHZ)															
输出电压 VP-P (v)															

根据所测数据，分析振荡频率与电容变化有何关系，输出幅度与振荡频率有何关系，并画出振荡频率与输出幅度的关系曲线。

(2) 克拉泼振荡电路幅频特性的测量

将开关 2K1 拨至“S”（往上拨），振荡电路转换为克拉泼电路。按照上述（1）的方法，测出振荡频率和输出电压，并将测量结果记于表 2-2 中。

根据所测数据，分析振荡频率与电容变化有何关系，输出幅度与振荡频率有何关系，并画出振荡频率与输出幅度的关系曲线。

(3) 测量电源电压变化对振荡器频率的影响

分别将开关 2K1 打至（S）和（P）位置，改变电源电压  $E_C$ ，测出不同  $E_C$  下的振荡频率。并将测量结果记于表 2-3 中。

其方法是：用铆孔线将 2P2 与 2P4 相连，频率计接射随器输出 2P5，调整电位器 2W4 使输出最大，用示波器监测输出，测好后去掉。调整 2W2 使变容管 2D2 上电压为 5V。用三用表直流电压档测 2TP1 测量点电压，按照表 2-3 给出的电压值  $E_C$ ，调整 2W1 电位器，分别测出与电压相对应的频率。表中  $\Delta f$  为改变  $E_C$  时振荡频率的偏移，假定  $E_C=10.5V$  时， $\Delta f=0$ ，则  $\Delta f=f-f_{10.5V}$ 。

表2-3

串联 (S)	$E_C$ (V)	10	9	8	7	6	5	4
	F (MHZ)							
	$\Delta f$ (KHZ)							
并联 (P)	$E_C$ (V)	10	9	8	7	6	5	4
	F (MHZ)							
	$\Delta f$ (KHZ)							

根据所测数据，分析电源电压变化，对振荡频率有何影响。

3. 晶体振荡器实验

用鼠标点击显示屏，选择“实验项目”中的“高频原理实验”，然后再选择“振荡器实验”中的“晶体振荡器实验”，显示屏会显示晶体振荡器原理实验图。图中的可调元件可利用鼠标进行调节。

(1) 用铆孔线将 2P3 与 2P4 相连，将示波器探头接到 2TP5 端，观察晶体振荡器波形，如果没有波形，应调整 2W3 电位器。然后用频率计测量其输出端 2P5 频率，看是否与晶体频率一致。

(2) 示波器接 2TP5 端，频率计接 2P5 输出口，调节 2W3 以改变晶体管静态工作点，观察振荡波形及振荡频率有无变化。

[六、实验结果]

表 2-1

电压 (v)	3	4	5	6	7	8	9	10	11
--------	---	---	---	---	---	---	---	----	----

振荡频率 f (MHZ)														
输出电压 VP-P (v)														

表2-2

电压 (V)	0	1	2	3	4	5	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9	9.5	10
振荡频率 f (MHZ)															
输出电压 VP-P (v)															

根据所测数据，分析振荡频率与电容变化有何关系，输出幅度与振荡频率有何关系，并画出振荡频率与输出幅度的关系曲线。

表2-3

串联 (S)	$E_c$ (V)	10	9	8	7	6	5	4
	F (MHZ)							
	$\Delta f$ (KHZ)							
并联 (P)	$E_c$ (V)	10	9	8	7	6	5	4
	F (MHZ)							
	$\Delta f$ (KHZ)							

根据所测数据，分析电源电压变化，对振荡频率有何影响。

负载变化对 LC 正弦波振荡器的影响比较明显。而对石英晶体振荡器的影响很小。这主要是由于石英晶体振荡器的稳定性很高。

### [七、实验结果分析、讨论]

1. 随着变容管上电压的增大，电容容量减小，LC 振荡器的振荡频率升高。

2. 负载变化对 LC 正弦波振荡器的影响比较明显。而对石英晶体振荡器的影响很小。这主要是由于石英晶体振荡器的稳定性很高。

### [八、实验结论]

通过本次实验 掌握三点式正弦波振荡器电路的基本原理，起振条件，振荡电路设计及电路参数计算。通过实验掌握晶体管静态工作点、反馈系数大小、负载变化对起振和振荡幅度的影响。 温度对振荡器频率稳定度的影响。了解了石英晶体振荡器的工作原理，及其特点例如十分稳定。但是实验中我们发现的问题例如开始时测量  $V_e$  过大，虽然我们经过了改正，但是还是提醒我们在以后的实验中的一些必须注意的问题。

# 《高频电子线路》课程实验报告（三）

## [一、实验名称]

振幅调制实验

## [二、实验目的]

1. 通过实验了解振幅调制的工作原理。
2. 掌握用 MC1496 来实现 AM 和 DSB 的方法，并研究已调波与调制信号，载波之间的关系。
3. 掌握用示波器测量调幅系数的方法。

## [三、实验原理]

用 1496 组成的调幅器实验电路如图 5-12 所示。图中 6P1 为载波输入口，6TP1 为其测量点。6P2 为高频输入口，6TP2 为测量点。6W1 用来调整接入 1496 芯片 1 脚的直流电压，当一脚直流电压为零时，其输出为双边带调幅波 (DSB)，当 1 脚加有直流电压时，其输出为普通调幅波 (AM)。调整 6W1 电位器，可以调整调幅波的调制度。图中 6Q1 为射极跟随器，对调幅信号进行放大，且提高带负载能力。图中 6W2 用以调整射随器的工作点电压。调幅信号经射随后由 6P3 输出，6TP3 为其测量点。

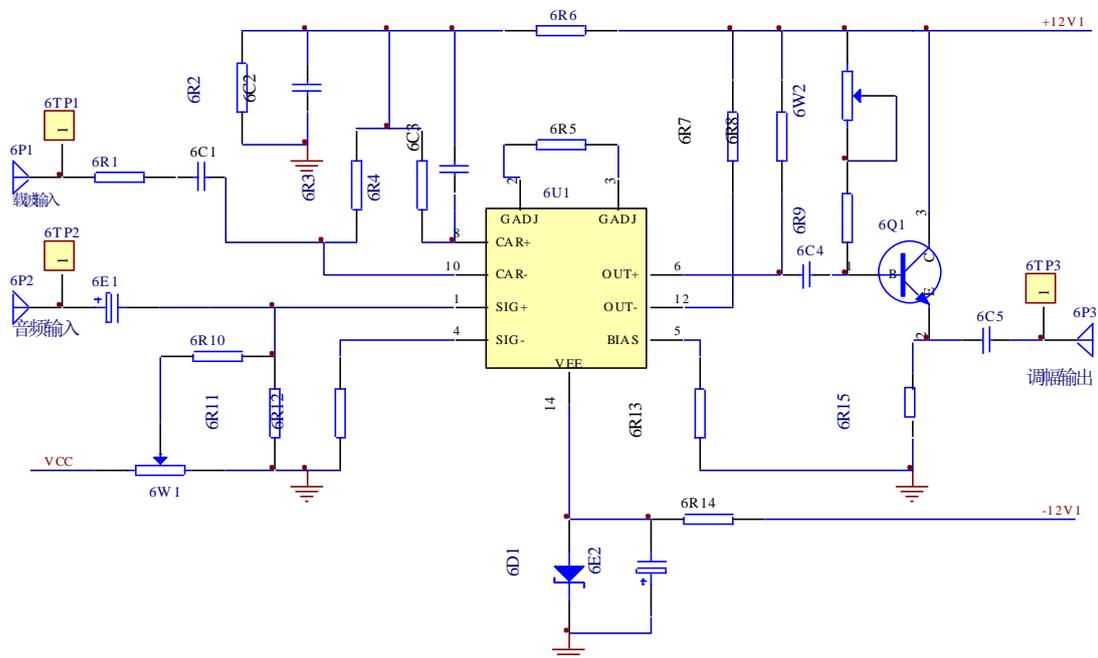


图 5-12 1496 组成的调幅器实验电路

#### [四、实验条件]

BSK9653 试验箱, 集成乘法器调幅, 混频与同步解调模块, 100M 双通道示波器。

#### [五、实验内容和过程]

##### 一. 实验内容

1. 用示波器观察正常调幅波 (AM) 波形, 并测量其调幅系数。
2. 用示波器观察平衡调幅波 (抑制载波的双边带波形 DSB) 波形。
3. 用示波器观察调制信号为方波、三角波的调幅波。

##### 二. 实验步骤

###### 1. 实验准备

(1) 插装好集成乘法器调幅, 混频与同步解调模块, 接通试验箱电源, 模块上电源指示灯和运行指示灯闪亮。

(2) 调制信号源: 采用试验箱上的低频信号源, 其参数调节如下 (示波器监测):

- 频率范围: 2kHz
- 波形选择: 正弦波
- 输出峰-峰值: 300mV

(3) 载波源: 采用试验箱上的高频信号源:

- 工作频率: 2MHz (也可采用其它频率);
- 输出幅度 (峰-峰值): 200mV, 用示波器观测。

###### 2. DSB (抑制载波双边带调幅) 波形观察

用鼠标点击显示屏, 选择实验项目中“高频原理实验”, 然后再选择“集成乘法器调幅实验”, 显示屏上会显示集成乘法器调幅的原理实验电路, 图中的可调电位器可通过鼠标来调整。

###### (1) DSB 信号波形观察

将高频信号源输出的载波接入载波输入端(6P1), 低频调制信号接入音频输入端(6P2)。

示波器 CH1 接调制信号 (可用带“钩”的探头接到 6TP2 上), 示波器 CH2 接调幅输出端 (6TP3), 调整 6W1 即可观察到调制信号及其对应的 DSB 信号波形。其波形如图 5-13 所示, 如果观察到的 DSB 波形不对称, 应微调 6W1 电位器。

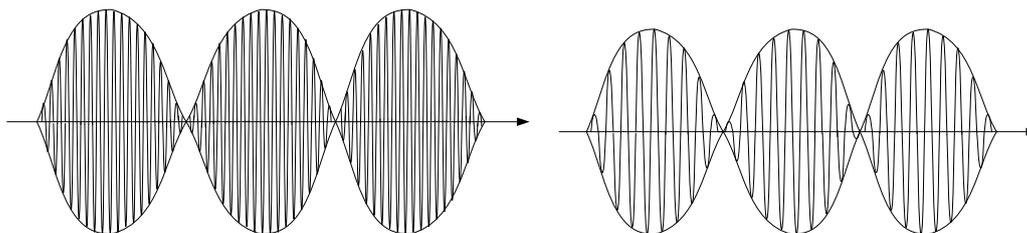


图 5-13

图 5-14

## (2) DSB 信号反相点观察

为了清楚地观察双边带信号过零点的反相，必须降低载波的频率。本实验可将载波频率降低为 100KHZ，幅度仍为 200mv。调制信号仍为 2KHZ（幅度 300mv）。

增大示波器 X 轴扫描速率，仔细观察调制信号过零点时刻所对应的 DSB 信号，过零点时刻的波形应该反相，如图 5-14 所示。

## (3) DSB 信号波形与载波波形的相位比较

在上述实验的基础上，将示波器 CH1 改接 6TP1 点，把调制器的输入载波波形与输出 DSB 波形的相位进行比较，可发现：在调制信号正半周期间，两者同相；在调制信号负半周期间，两者反相。

## 3. AM（常规调幅）波形测量

### (1) AM 正常波形观测

载波频率仍设置为 2MHZ（幅度 200mv），调制信号频率 2KHZ（幅度 300mv）。示波器 CH1 接 6TP2、CH2 接 6TP3，调整 6W1 即可观察到正常的 AM 波形，如图 5-15 所示。

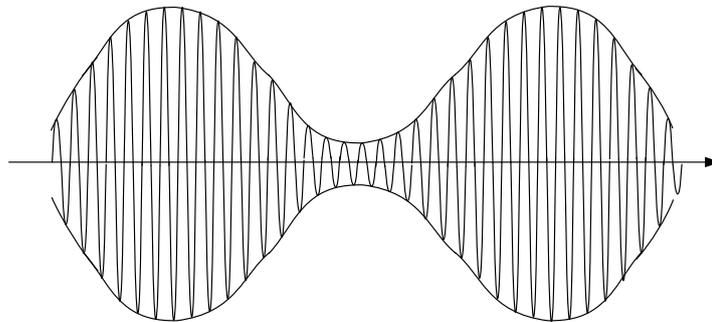
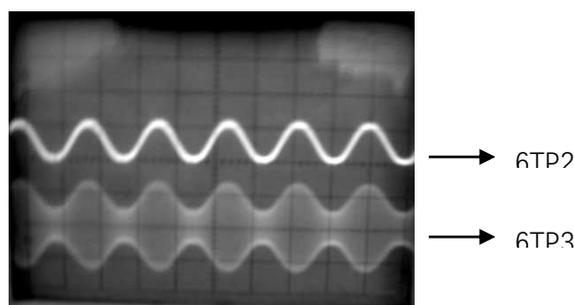


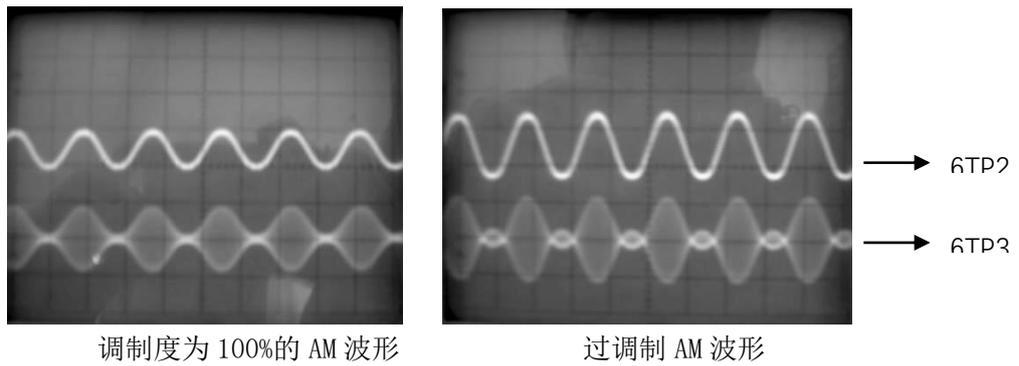
图 5-15

调整电位器 6W1，可以改变调幅波的调制度。在观察输出波形时，改变音频调制信号的频率及幅度，输出波形应随之变化。下图为用示波器测出的正常调幅波波形：



### (2) 过调制时的 AM 波形观察

在上述实验的基础上，即载波 2MHZ（幅度 200mv），音频调制信号 2KHZ（幅度 300mv），示波器 CH1 接 6TP2、CH2 接 6TP3。调整 6W1 使调制度为 100%，然后增大音频调制信号的幅度，可以观察到过调制时 AM 波形，并与调制信号波形作比较。下图为调制度为 100%和过调制的 AM 波形：



调制度为 100% 的 AM 波形

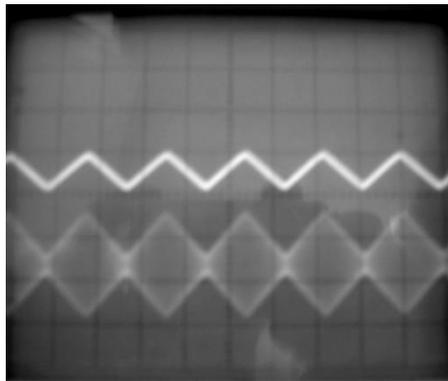
过调制 AM 波形

(3) 增大载波幅度时的调幅波观察

保持调制信号输入不变，逐步增大载波幅度，并观察输出已调波。可以发现：当载波幅度增大到某值时，已调波形开始有失真；而当载波幅度继续增大时，已调波形包络出现模糊。最后把载波幅度复原（200mv）。

(4) 调制信号为三角波和方波时的调幅波观察

保持载波源输出不变，但把调制信号源输出的调制信号改为三角波（峰—峰值 200mv）或方波（200mv），并改变其频率，观察已调波形的变化，调整 6W1，观察输出波形调制度的变化。下图为调制信号为三角波时的调幅波形：



6. 调制度  $M_a$  的测试

我们可以通过直接测量调制包络来测出  $M_a$ 。将被测的调幅信号加到示波器 CH1 或 CH2，并使其同步。调节时间旋钮使荧光屏显示几个周期的调幅波波形，如图 5-16 所示。根据  $M_a$  的定义，测出 A、B，即可得到  $M_a$ 。

$$m_a = \frac{A - B}{A + B} \times 100\%$$

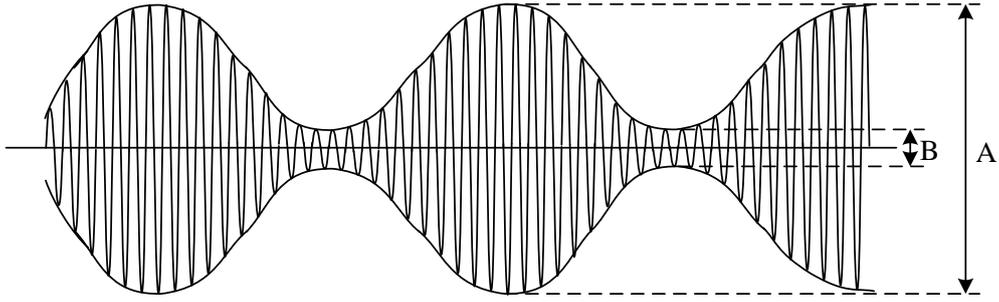


图 5-16

## [六、实验结果]

实验结果为上面各个波形图

## [七、实验结果分析、讨论]

1. 在实验观察中，把载波波形与输出的 DSB 波形的相位比较后发现，在调制信号的正半周，两者同相；在调制信号的负半周，两者反相。
2. 在实验中发现，调节 6W1 可以改变调幅波的调幅系数，当 6W1 调节到某一位置时调制波会变成 DSB 波。
3. 载波振幅受调制信号控制，其控制的程度我们称为调幅系数，调幅波是一个高频振荡信号，其振幅在载波振幅上下边带按调制信号的规律变化。

## [八、实验结论]

通过本次实验 我更加清楚的看到了两种常用的振幅调制信号方法之间的变化与差异，而通过它们之间的对比，对于调制电路有了一个更深刻的理解。

# 《高频电子线路》课程实验报告（四）

## [一、实验名称]

频率调制实验

## [二、实验目的]

1. 熟悉电子元件和高频电子线路实验系统；
2. 掌握用变容二极管调频振荡器实现 FM 的方法；
3. 理解静态调制特性、动态调制特性概念和测试方法。

## [三、实验原理]

变容二极管调频器实验电路如图 8-10 所示。图中，4Q1 本身为电容三点式振荡器，它与 4D1（变容二极管）一起组成了直接调频器。4Q2 为放大器，4Q3 为射极跟随器。4W1 用来调节变容二极管偏压，4W2 用来调整输出幅度。

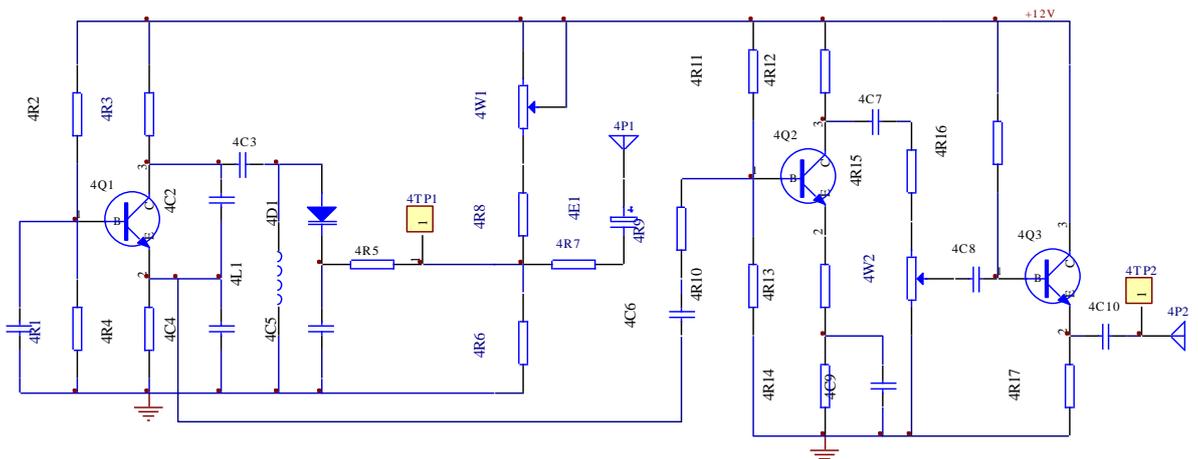


图 8-10 变容二极管调频器实验电路

由图 8-10 可见，加到变容二极管上的直流偏置就是+12V 经由 4W1、4R8 和 4R6 分压后，从 4R6 得到的电压，因而调节 4W1 即可调整偏压。由图可见，该调频器本质上是一个电容三点式振荡器（共基接法），由于电容 4C5 对高频短路，因此变容二极管实际上与 4L1 相并。调整电位器 4W1，可改变变容二极管的偏压，也即改变了变容二极管的容量，从而改变其振荡频率。因此变容二极管起着可变电容的作用。

图中 4P1 为音频信号（调制信号）输入口，音频信号通过 4E1、4R7、4R5 加到变容管 4D1 的负端，对输入音频信号而言，4C5 开路，从而音频信号可加到变容二极管两端。当变容二极管加有音频信号时，其等效电容按音频规律变化，因而振荡频率也按音频规律变化，从而达到了调频的目的。

#### [四、实验条件]

BSK9653 试验箱, 变容管调频与相位鉴频模块, 100M 双通道示波器。

#### [五、实验内容和过程]

##### 一. 实验内容

1. 用示波器观察调频器输出波形, 考察各种因素对于调频器输出波形的影响;
2. 变容二极管调频器静态调制特性测量;
3. 变容二极管调频器动态调制特性测量。

##### 二. 实验步骤

###### 1. 实验准备

插装好变容管调频与相位鉴频模块, 接通试验箱电源, 模块上电源指示灯和运行指示灯闪亮。

用鼠标点击显示屏, 选择“实验项目”中“高频原理实验”, 然后再选择“变容二极管调频实验”, 显示屏上会显示出变容二极管调频原理实验图, 图中各可调电位器可通过鼠标来调节。

###### 2. 静态调制特性测量

输入端先不接音频信号, 将示波器接到调频器单元的输出4TP2。将频率计接到调频输出(4P2), 用万用表测量4TP1点电位值, 按表8-1所给的电压值调节电位器4W1, 使4TP1点电位在0.5—6.3V范围内变化, 并把相应的频率值填入表8-1。

表8-1

$V_{12P01}$ (V)	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.3
$F_0$ (MHz)													

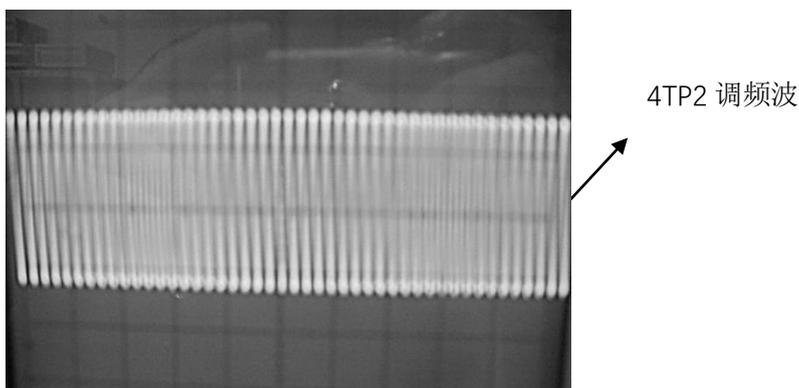
###### 3. 动态调制特性测量

①调整 4W1 使得变容二极管调频器输出频率  $f_0=6.3\text{MHz}$  左右。

②以试验箱上的低频信号源作为音频调制信号, 输出频率  $f=2\text{kHz}$ 、峰-峰值  $V_{p-p}=1\text{V}$  (用示波器监测) 的正弦波。

③把试验箱上的低频信号源输出的音频调制信号加入到调频器单元的音频输入端 4P1, 便可在调频器单元的输出端 4TP2 端上观察到 FM 波。

用示波器观察到的调频波形如下图:



④把调频器单元的调频输出端 4P2 连接到鉴频器单元的输入端（4P3），并将鉴频器单元的 4K1 拨向斜率鉴频，便可在鉴频器单元的输出端 4TP5 上观察到经解调后的音频信号。如果没有波形或波形不好，应调整调频单元的 4W1 和鉴频单元的 4W4。

⑤将示波器 CH1 接调制信号源 4P1，CH2 接鉴频输出 4TP5，比较两个波形有何不同。改变调制信号源的幅度，观测鉴频器解调输出有何变化。调整调制信号源的频率，观测鉴频器输出波形的变化。

## [六、实验结果]

表 8-1

$V_{12P01}$ (V)	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.3
$F_0$ (MHz)													

## [七、实验结果分析、讨论]

1. 本实验采用变容二极管直接调频法，变容二极管是利用半导体 PN 结的结电容随外加反向电压而变化这一特性，所制成的一种半导体二极管。它是一种电压控制可变电抗元件。变容二极管的电容  $C$  随着所加的反向偏压  $U$  而变化，反偏压越大，则电容越小。

2. 在进行调频时， $C_j$  将随调制信号  $V_\Omega$  而变，因而  $\omega$  也将随之而变。在工作点（即  $V = V_0$ ）附近的区域内， $\omega$  和  $V_\Omega$  成线性关系，因而  $\omega$  也按余弦规律变化。

## [八、实验结论]

改变变容二极管的偏压，即可以改变其的容量，进而改变振荡频率，也即改变了调频信号的载波频率。当变容二极管加有音频信号时，其等效电容按音频规律变化，因而振荡频率也按音频规律变化，从而达到了调频的目的。